

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 78 05340

(54) Commutateur à contact liquide.

(61) Classification internationale (Int. Cl.²). H 01 H 57/00, 29/18.

(22) Date de dépôt 24 février 1978, à 15 h 5 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 38 du 21-9-1979.

(71) Déposant : Société dite : OREGA CIRCUITS ET COMMUTATION, résidant en France.

(72) Invention de : Michel Nicolas et Michel Mauroux.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Michel Pierre.

La présente invention se rapporte au domaine des commutateurs et interrupteurs de fluides, et plus précisément à celui des commutateurs de fluides électriques et lumineux.

Selon leur configuration et le nombre de points de commutation
5 dont ils sont dotés, ces dispositifs peuvent fonctionner comme interrupteurs (2 conducteurs), inverseurs (3 conducteurs au moins) ou relais, dans lesquels un signal électrique actionne l'organe qui établit la commutation dans un circuit indépendant de celui du signal.

Lorsqu'il s'agit de commutateurs électriques, les relais
10 à contacts mouillés le plus souvent par le mercure sont bien connus et très utilisés pour les faibles courants. En effet, la présence d'un liquide conducteur de l'électricité, qui mouille les contacts, assure à ce type de relais un certain nombre de qualités, parmi lesquelles :

- 15 - des contacts à faible résistance ohmique,
- une excellente fiabilité,
- une bonne résistance au vieillissement, la surface des contacts étant sans cesse renouvelée,
- l'absence de rebondissements, dans certains cas de
20 configuration.

Ces relais ont cependant de graves inconvénients. La présence d'une bobine de commande qui, généralement, entoure l'ampoule scellée, ou, quelquefois, est placée à côté de l'ampoule, fait que ces relais sont de dimensions relativement importantes. En outre,
25 compte tenu du fait que la force magnétique développée par la bobine doit vaincre la force mécanique des contacts en équilibre, un courant électrique relativement important est consommé pour la commande de ces relais.

Ces éléments de jugement doivent être pris en considération
30 du fait que, dans les applications les plus courantes des relais à contacts mouillés, telles que les centraux téléphoniques de commutation selon le procédé dit "spatial", ces relais sont utilisés en très grandes quantités, atteignant plusieurs dizaines de milliers de dispositifs. La qualité de chaque relais intervient
35 sur la fiabilité globale, mais la consommation totale de courant pour la commande, ou la disposition des cartes supportant les relais

sont des éléments très importants pour la fabrication et le bon fonctionnement du central téléphonique.

Le commutateur à contacts liquides, objet de l'invention, remédie à ces inconvénients, en particulier par sa fiabilité des contacts assurés par un liquide conducteur, et sa très faible consommation électrique pour la commande.

Dans son principe, le commutateur selon l'invention comporte un index d'un liquide de commutation, qui se déplace le long d'un canal dans lequel débouchent en divers points les conducteurs de fluide, l'index étant mû par un organe à effet piézoélectrique, dont la variation de volume, sous tension, est transmise à l'index liquide par un autre liquide, éventuellement, isolant électrique.

D'une façon plus précise, il s'agit d'un commutateur à contacts liquides, comportant en premier lieu un groupe de conducteurs entre lesquels une commutation est établie au moyen d'un liquide et en second lieu un dispositif moteur, caractérisé d'une part en ce que le déplacement d'une colonne de liquide à l'intérieur d'un canal capillaire, dans lequel débouchent les extrémités des conducteurs, établit la commutation, d'autre part en ce que le moteur est constitué par un organe doté de propriétés piézoélectriques dont les déformations engendrent le déplacement de la colonne du liquide de commutation, ce déplacement lui étant transmis avec l'amplification due aux différences de section entre l'organe moteur et le canal capillaire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description suivante, donnée à titre d'exemple en se référant aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 représente une coupe d'un commutateur selon l'invention, muni de trois conducteurs ;

- la figure 2 représente un autre type de commutateur selon l'invention, la double action du moteur étant mise à profit par deux jeux conducteurs situés de part et d'autre du moteur ;

- la figure 3 représente une application particulière du commutateur à la détection et à la protection contre les surtensions électriques ;

- la figure 4 représente une autre application du commutateur : cette figure reste valable selon que les deux conducteurs coaxiaux

sont des conducteurs électriques ou des conducteurs de la lumière (fibres optiques) ;

- la figure 5 représente un commutateur du même type que celui de la figure 1, mais muni d'un organe moteur en matériau
5 minéral piézoélectrique.

La figure 1 représente une coupe d'un commutateur selon l'invention ; pour être plus précise, la description s'appuiera sur le cas d'un inverseur électrique à trois électrodes de contact. Les deux échelles de la figure sont arbitraires, en fonction des besoins
10 de compréhension aisée du dessin.

Le dispositif comporte un corps en matériau électriquement isolant, composé de l'élément central 1 et de deux éléments extérieurs 2 et 3. L'élément central est traversé selon un axe de révolution, par un canal 11 dont le diamètre est faible par rapport à la longueur :
15 des précisions sur ce canal seront données ultérieurement.

Entre les éléments 1 et 3 est serrée, par tout moyen approprié, une membrane 4 à effet piézoélectrique, de forme adaptée pour être le siège de variations de longueur lorsqu'elle est soumise à un
20 champ électrique ; la variation du volume compris entre le corps 1 du commutateur et la membrane 4 constitue le moteur du dispositif. Lorsque cette membrane se déplace, elle entraîne dans son mouvement un liquide intermédiaire 5 non conducteur de l'électricité qui lui même déplace un liquide de commutation 6, conducteur, à l'intérieur du canal 11. Le liquide conducteur, qui peut être du mercure par
25 exemple, est, par construction du commutateur, en contact avec une électrode centrale 7 et entre en contact, selon le sens du mouvement du moteur, soit avec une électrode 8, soit avec une électrode 9. Une chambre 10, située sur le canal 11, sert de réserve de mercure.

Le fonctionnement de ce commutateur à contacts liquides
30 sera mieux connu au moyen des explications détaillées suivantes.

Dans une réalisation préférée, le moteur du commutateur selon l'invention est constitué par la membrane 4 qui est en un matériau polymère auquel ont été conférées des propriétés piézoélec-
triques, métallisée) sur ses deux faces : l'application d'une tension
35 entre les deux électrodes 12 et 13, qui établissent le contact avec les métallisations, crée un déplacement de la membrane. En raison

du diamètre de la membrane qui est de beaucoup supérieur au diamètre du canal 11, un faible déplacement de la membrane, transmis par le liquide isolant 5, crée un déplacement plus important du liquide conducteur 6, par effet d'amplification par conservation des volumes.

- 5 Ainsi, bien que le moteur piézoélectrique ne consomme pas de courant, une tension de commande suffisante pour créer un faible déplacement de la membrane permet cependant de disposer d'une force très suffisante pour actionner un contact.

- Consécutivement à l'amplification du mouvement et au choix
10 des dimensions qu'elle autorise pour le commutateur, à savoir longueur et diamètre de la colonne de mercure et distance entre contacts, l'invention permet la commutation soit de tensions élevées, soit de courants importants, ou toutes combinaisons de ces deux paramètres. La réalisation de la membrane piézoélectrique mise en oeuvre dans
15 l'invention s'effectue selon le procédé suivant : on part d'une feuille de polymère, qui peut être du polychlorure de vinyl, mais préférentiellement du polyfluorure de vinylidène. Le polyfluorure de vinylidène se présente sous deux formes cristallines, α et β : la forme β est la seule qui permette d'obtenir un effet piézoélectrique,
20 car la chaîne macromoléculaire se présente comme une ligne brisée, dans laquelle les groupements $-\text{CH}_2-$ et $-\text{CF}_2-$ ont des positions privilégiées dans l'espace. Il s'ensuit que les moments dipolaires de ces groupements ont des orientations différentes et que, si la feuille de polymère est orientée par un moyen approprié, les
25 chaînes macromoléculaires s'orientent également et si par un autre moyen approprié, leurs moments dipolaires s'ordonnent, le matériau devient piézoélectrique.

- L'orientation des macromolécules est obtenue, à partir d'une feuille de polymère, aussi riche que possible en phase β , par
30 déformation de la feuille selon un procédé classique, tel que le formage sous vide : la feuille, chauffée à une température proche de son point de ramollissement, est appliquée contre un moule qui a la forme recherchée, et dans lequel de fins canaux permettent de faire une aspiration par le vide. Pour obtenir un effet moteur
35 intéressant, il est nécessaire que l'allongement, sur le moule, de la partie utile de la feuille de polymère soit de l'ordre de 3 à 5,

sans fragilisation : $\Delta L/L \gg 3$ à 5.

La polarisation de la feuille, tendue sur le moule, à 120° C, par une tension de l'ordre de 1 million de volts par centimètre d'épaisseur, est la dernière opération qui confère à une feuille de matière plastique des propriétés piézoélectriques : la métallisation des deux faces, par tout moyen approprié, et la fixation d'un contact électrique sur chaque face, permettront d'utiliser cette propriété et de déformer la membrane sous l'effet d'un champ électrique.

La déformation piézoélectrique est régie par un tenseur dont les composantes les plus importantes sont celle qui fait gonfler le matériau piézoélectrique, et celle qui l'allonge. Pour une tension continue, l'allongement relatif, dans la partie orientée de la feuille après mise en forme, est de l'ordre de 10^{-5} par volt. La déformation est orientée en fonction du sens du champ électrique. Cette propriété est importante car elle permet, dans son application à un commutateur de déplacer la membrane dans un sens ou dans l'autre et par voie de conséquence, de déplacer l'index de mercure 6 vers l'une ou l'autre des électrodes extérieures 8 et 9, le liquide isolant servant d'intermédiaire et d'amplificateur du mouvement.

Ce type de membrane piézoélectrique polymère organique est connu ; toutefois, son utilisation comme moteur dans le domaine des commutateurs est nouvelle.

Comme on l'a déjà dit, le déplacement du mercure 6 peut être notablement supérieur à celui de la membrane 4, puisque les liquides 5 et 6 étant incompressibles, proportionnel au rapport des volumes définis par la membrane entre ses états excité et non excité. C'est ainsi que, à titre d'exemple, pour une membrane en forme de demi-sphère de diamètre 10mm et un canal capillaire de 0,3mm de diamètre, le déplacement de mercure est de 1mm, pour une tension typiquement de 50V appliquée entre les électrodes de la membrane. Dans un autre exemple de réalisation, ce déplacement atteint 10mm si le capillaire a un diamètre de 0,1mm, le moteur étant le même. Selon un troisième exemple de réalisation, un déplacement de 10mm dans un capillaire de 0,3mm met en oeuvre un moteur cylindrique, de diamètre 20mm et de 22mm de hauteur de parois sensibles à l'effet piézoélectrique.

Ainsi à un diamètre relativement important du capillaire correspond la commutation de courants de plusieurs ampères sous tensions faibles ou moyennes alors que, pour le même moteur, à un faible diamètre du capillaire correspondent des commutations de
5 courants d'intensités moins élevées mais sous des tensions élevées, jusqu'à plusieurs dizaines de kilovolts, selon la pression du gaz de remplissage, moyennant une consommation d'énergie extrêmement faible et des temps de fonctionnement de quelques millisecondes.

La tenue en tension, sous gaz de remplissage sous pression,
10 nécessite de revenir sur la figure 1 et d'en compléter l'explication.

Le fonctionnement du commutateur suppose l'équilibrage des pressions de part et d'autre de la membrane. Ceci pourrait être obtenu en mettant à la pression atmosphérique la membrane, par un orifice pratiqué dans la partie supérieure 3 du boîtier, et l'index
15 de mercure, par un orifice dans la partie inférieure 2 du boîtier. Il est de beaucoup plus intéressant de conserver un boîtier étanche et d'y pratiquer une chambre 14 dans la partie 2 et un canal 15 dans la partie 1. Ce canal, qui évite les électrodes, part de la chambre 14 et aboutit, après avoir traversé la membrane 4, entre
20 la partie 3 du boîtier et la membrane. Cette disposition réunit plusieurs avantages :

- elle permet d'appliquer une tension élevée entre les électrodes 7 et 9, en remplissant tout l'espace libre dans la chambre 14, le canal 15 et entre membrane et pièce extérieure 3 avec un
25 gaz tel que de l'hydrogène, sous une pression d'une dizaine de bars par exemple. Les pressions s'équilibrant entre fluides restent compatibles avec la résistance de la membrane.

- elle rend le dispositif insensible aux variations de température du gaz.

30 Le remplissage par un gaz sous pression peut facilement se faire au moyen de l'un des deux capillaires existants. Sur la figure 1, on a représenté un capillaire 17 débouchant à l'intérieur du bloc 1, dans la chambre 16 qui contient le liquide isolant électriquement : ce capillaire sert à remplir la chambre 16 du
35 liquide isolant ; son extrémité extérieure est ensuite écrasée et formée par soudure.

De la même façon, l'électrode 7 peut être réalisée sous la forme d'un tube capillaire, par lequel est introduit le liquide conducteur par exemple du mercure : il est facile d'injecter, d'abord, de l'hydrogène sous pression, puis du mercure avant d'écraser l'extré-
5 mité du capillaire 7 et d'y fixer par soudure une connexion électrique qui en fait une borne.

Par ailleurs, la figure 1 ne représente qu'un cas possible de réalisation parmi beaucoup d'autres configurations.

Par exemple, la forme de la membrane moteur 4 peut être du
10 type conique, ou encore cylindrique en forme de doigt de gant : la seule nécessité pour un bon fonctionnement est que la membrane soit munie d'une partie orientée par étirage, en évitant la présence d'angles vifs, cause de fragilité.

Par ailleurs, l'orientation de la membrane peut être inversée,
15 ce qui constitue un gain en volume-qui est cependant déjà réduit-le relais étant dans ce cas construit à l'intérieur de la concavité que présente la membrane. Dans ce cas, soit le fonctionnement du relais est inversé, soit la polarisation du signal de commande est inversée, pour rétablir le même sens de fonctionnement.

20 De la même façon, d'autres dispositions des électrodes que celles représentées en figure 1 ne sauraient restreindre le champ de l'invention.

Selon les nécessités, un jeu d'électrodes peut se trouver d'un même côté de la membrane, ou deux jeux d'électrodes se trouver
25 de part et d'autre de la membrane, totalement isolés l'un de l'autre, dans ce dernier cas, il est évident que les fonctionnements des deux jeux d'électrodes sont synchronisés, puisqu'il n'y a qu'un seul moteur.

La figure 2 représente une vue en coupe d'un tel dispositif
30 qui, pour simplifier la figure, ne comporte que deux interrupteurs, (deux jeux de deux électrodes 7 et 8, 18 et 19).

Le canal capillaire 11 de la figure 1 a été représenté relativement court, avec notamment deux électrodes 7 et 8 perpendi-
culaires à son axe. Il est facile de concevoir que, le bloc 1 étant
35 de dimensions plus importantes, le canal capillaire 11 peut être plus long et constituer l'axe commun à plusieurs groupes d'électrodes

qui lui seront alors perpendiculaires, la position de l'électrode 9 étant unique et réservée à la dernière électrode. Ces groupes d'électrodes, par deux ou trois, peuvent être isolés entre eux. Dans ce cas, un index de liquide conducteur, correspondant à un
5 groupe d'électrodes, est isolé d'un autre index de liquide conducteur, voisin le long du canal capillaire, correspondant à un autre groupe d'électrodes, par un tampon de liquide isolant. Le mélange des liquides isolants et conducteurs est rendu difficile puisque le canal est capillaire, surtout si le mercure est choisi comme liquide conducteur
10 et une huile comme liquide isolant.

Seule la force développée par le moteur limite le nombre de groupes d'électrodes, qui peuvent se situer soit d'un seul côté de la membrane, soit de part et d'autre de la membrane, comme le montre la figure 2.

15 La figure 3 représente un mode de réalisation du commutateur de l'invention particulièrement avantageux selon lequel celui-ci assure la fonction de détecteur de surtension, en déterminant l'interruption d'un circuit lorsque ce circuit est soumis à une surtension. Dans ce cas les électrodes 20 et 21 sont normalement réunies
20 électriquement par un index de mercure qui se prolonge jusqu'à entrer en contact direct avec la face concave de la membrane motrice. Le liquide isolant 5 de la figure 1 est inutile, de même que l'électrode de commande 13 de la face correspondante de la membrane 4 : c'est l'électrode 21, la plus proche de la membrane, qui, par l'inter-
25 médiaire de l'index de mercure assure la fonction d'électrode de commande du moteur. L'autre électrode 12 de commande du moteur peut, par exemple, être mise à la masse. Le contact entre les électrodes 20 et 21 est normalement établi, par l'intermédiaire de l'index de mercure, tant que la tension n'est pas suffisante pour activer le
30 moteur. En cas de surtension, la membrane piézoélectrique se déforme et déplace l'index de mercure, qui, aspiré vers la membrane, interrompt le contact entre les électrodes 20 et 21. Cette rupture de contact prendra fin lorsque cessera la surtension.

Cette figure illustre une certaine configuration de la
35 membrane qui pourrait correspondre, pour fixer les idées, à une surtension positive : s'il fallait interrompre une surtension négative, il suffirait, pour retrouver le même fonctionnement, d'inverser le

moteur, et d'utiliser l'autre face de la membrane, l'important étant, que dans tous les cas, le moteur attire à lui l'index de mercure et interrompe le contact entre les électrodes.

La figure 4 représente encore un autre mode de réalisation du commutateur de l'invention dans le rôle d'un interrupteur pour ligne blindée. Une telle ligne comporte un conducteur central actif, entouré d'une gaine isolante, et une enveloppe extérieure métallique. On retrouve sur la figure 4 les éléments essentiels du commutateur de la figure 1 : corps en trois parties, 1, 2, 3, membrane piézoélectrique 4 munie de deux électrodes 12 et 13 sur ses "métallisations", liquide isolant 5 et liquide conducteur 6 : tout ce qui n'est pas indispensable à la compréhension n'a pas été représenté.

Mais, dans ce cas, les deux électrodes font partie d'un relais pour câble blindé : les deux conducteurs 22 et 24, entourés de leurs gaines isolantes 23 et 25, sont fixés sur le corps du relais, par l'intermédiaire éventuel d'un connecteur fixé sur celui-ci. L'établissement ou la rupture du contact entre les deux conducteurs centraux 22 et 24, situés à la même cote par rapport à un plan de référence dans le boîtier, est accompli par l'index de mercure 6, déplacé par le liquide isolant 5 lorsque la membrane 4 est activée par une tension suffisante.

Si, dans la figure 4, les conducteurs électriques 22 et 24 sont remplacés par des fibres optiques ou tout autre matériau conducteur de la lumière, le dispositif devient un interrupteur de lumière.

Dans cette application, le liquide intermédiaire 5 et le liquide de commutation 6 peuvent avantageusement, et économiquement, être remplacés par un liquide unique opaque à la lumière sous une épaisseur égale au diamètre du capillaire.

Le groupement, sur un même canal capillaire long, de plusieurs interrupteurs optiques, tel qu'il a été exposé pour les interrupteurs électriques, entre également dans le domaine de l'invention.

La figure 5 représente vu en coupe, un mode de réalisation du relais-commutateur de l'invention et comprend un moteur muni d'un bloc de matériau piézoélectrique.

En effet, dans les exemples précédemment décrits, l'organe moteur est toujours une membrane en matériau polymère piézoélectrique qui, changeant de forme par élongation, modifie le volume compris entre la paroi du boîtier et elle-même ; cette variation de volume
5 est transformée en un déplacement linéaire, par le liquide intermédiaire. Cependant, une telle variation de volume peut également être obtenue par un organe moteur dont la forme est différente d'une membrane, et dont la matière n'est pas non plus élastique : c'est le cas de matériaux
10 minéraux piézoélectriques tels que les quartz et céramiques, utilisés dans des formes quelconques pour lesquelles le seul impératif est de pouvoir fixer deux électrodes entre lesquelles est appliquée une tension, qui fait varier de volume le minéral piézoélectrique.

Le commutateur représenté comprend un corps 1 dans lequel ont été fixées trois électrodes 7, 8 et 9, le contact se faisant au
15 moyen du mercure 6 qui se déplace dans le canal capillaire 11. Le corps principal du commutateur est solidaire d'un capot 3, à l'intérieur duquel se trouve un parallélépipède 40, en céramique piézoélectrique par exemple, dont deux faces ont reçu une métallisation, reliée chacune à l'une des électrodes 12 et 13. L'organe moteur 40 peut être fixé
20 contre l'une des parois du capot 3, par un moyen approprié, ou maintenu par les connexions 12 et 13 de ses électrodes. Un liquide intermédiaire 5 transmet à l'index de liquide de commutation 6 les variations des volumes du corps 40 lorsqu'il est soumis à une tension.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Commutateur à contact liquide, comportant en premier lieu un groupe de conducteurs (7-8-9) entre lesquels une commutation est établie au moyen d'un liquide (6) et en second lieu un dispositif moteur (4), caractérisé d'une part, en ce que le déplacement d'une
5 colonne de liquide à l'intérieur d'un canal capillaire (11) dans lequel débouchent les extrémités des conducteurs, établit la commutation, d'autre part en ce que le moteur est constitué par un organe doté de propriétés piézoélectriques, dont les déformations engendrent le déplacement de la colonne du liquide de commutation, ce déplacement
10 lui étant transmis avec l'amplification due aux différences de section entre l'organe moteur et le canal capillaire.

2. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe à effet piézoélectrique est constitué par un matériau organique polymère orienté tel que le polyfluorure de vinylidène.

15 3. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe à effet piézoélectrique est constitué par un matériau minéral tel que les quartz et céramiques.

4. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les effets de l'organe moteur sont recueillis sur une seule face
20 de l'organe piézoélectrique par un groupe de conducteurs.

5. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les effets de l'organe moteur sont recueillis de part et d'autre de l'organe piézoélectrique et s'exercent sur deux groupes de conducteurs, distincts.

25 6. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans sa forme de relais électrique, le liquide dont le déplacement dans le capillaire établit les contacts est un liquide conducteur de l'électricité tel que le mercure.

7. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce
30 que, dans ses formes d'interrupteurs électriques, la colonne de liquide de contact est isolée de l'organe moteur piézoélectrique par un corps non conducteur de l'électricité.

8. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le volume interne libre est rempli par au moins un fluide sous
35 pression en une de l'obtention d'un équilibre isostatique de l'organe moteur.

9. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que dans une forme de commutateur électrique le liquide conducteur constitue également l'une des électrodes de l'organe piézoélectrique.

10. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les conducteurs sont des conducteurs axiaux d'une ligne blindée.

11. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans une forme de relais optique, les conducteurs sont des conducteurs optiques, et l'organe de commutation est un corps opaque à la longueur d'onde transmise.

10 12. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une pluralité de groupes de conducteurs, isolés entre eux, sont commutés simultanément, chaque colonne de fluide de commutation correspondant à un groupe de conducteurs étant séparée de la colonne de fluide de commutation qui lui succède le long du canal capillaire
15 par une colonne de fluide de séparation.

